

標準化死亡比へのベイズ統計の応用

1 はじめに

科学的根拠に基づいた地域保健政策を展開していく上で、対象となる地域(市区町村、保健所管轄区域、2次医療圏、都道府県)の詳細な観察や保健医療統計を用いた地域ごとの課題や特徴を把握する地域診断は最も重要である¹⁾。地方自治体における地域保健医療計画などの健康増進に関する計画は、本来、地域集団の客観的評価の根拠に基づき策定及び評価されることが望ましい。近年、市町村レベルの小地域における分析・評価に活用されるのがベイズ統計学を用いた「ベイズ推定」である。小地域においては当該小地域内における死亡の発生頻度が低い一方、実際の死亡は「1人」で観測されることにより死亡率の推定が困難になる場合が生じる。例えば本来の死亡率が0.05の場合を考えてみる。人口1万人の地域(本来の死亡数は500人)では、観測死亡数が1人増減した場合、死亡率推定値は0.0499~0.0501と本来の死亡率から0.2%変動するのみである。一方、人口100人の地域では、観測死亡数が1人増減すると、死亡率の推定値は0.04~0.06変動することになり、本来の死亡率の20%もの変動を与えることになる。こういった場合に観測データ以外の対象に関する情報を推定に反映させることが可能な「ベイズ推定」が有用である。つまり、当該市区町村を含むより広い地域、たとえば二次医療圏の死亡状況に関する情報を活用して、当該小地域固有の死亡数等の観

測データと総合化して当該市区町村の死亡率を推定するというのが「ベイズ推定」の考え方である(図1)。この方法により小地域における出現数の少ない死亡率特有の不安定性を緩和することが可能となる。

このような背景から厚生労働省が国勢調査年を中心とした5年間のデータに基づいて公表している「人口動態保健所・市区町村別統計」において出生を表す指標である合計特殊出生率と死亡を表す指標である標準化死亡比については、市町村別の指標の出現数の低さに起因する数値の不安定性を緩和させることをめざして「平成5年~9年保健所・市区町村別統計」からベイズ・モデルが適用された²⁾。

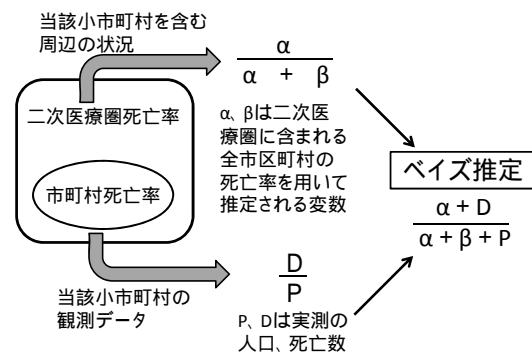


図1 ベイズ推定の方法

2 ベイズ推定値の理論的背景

1) ベイズ推定の考え方

ベイズの定理を最も簡略な形で表すと、

$$\Pr(H|D) = \frac{\Pr(D|H) \times \Pr(H)}{\Pr(D)}$$

と示される。ただし、H は仮説を、D はデータを示し、Pr(H)はデータを得る前の仮説 H についての確信の度合いを示す事前確率、左辺の Pr(H|D) はデータ D を得た後の仮説 H についての確信の度合いを示す事後確率を示している。ベイズ統計学では、観測以前に利用可能な事前情報(事前分布)を、観測によって得られる標本情報によって更新し(事後分布)、それを推定の基礎とする³⁾。

2) 標準化死亡比のベイズ推定値の算出方法

標準化死亡比 (Standardized Mortality Ratio; SMR) は、対象集団における観察死亡数と対象集団のカテゴリー別死亡率が、基準人口のそれと等しいと仮定したときに期待される死亡数の比を求め、一般的には 100 倍して表示したものである。年齢構成の違いの影響を制御した上で基準人口に対して何倍の死亡が観察集団で起きたかを示す指標である。

標準化死亡比 SMR

$$\begin{aligned} &= \text{観察集団の死亡数} / \text{観察集団についての} \\ &\quad \text{期待死亡数} \\ &= \text{観察集団の死亡数} / (\text{観察集団の年齢階級} \\ &\quad \text{別人口} \times \text{基準人口の年齢階級別死亡率) \text{の} \\ &\quad \text{総和} \end{aligned}$$

母集団の母数を μ (標準化死亡比) とし、「 μ はある事前分布に従っている」と仮定する。死亡数のように Poisson 分布に従うデータの場合、伝統的には事前分布としてガンマ分布 Gamma(α , β) を考えることが多い。Gamma 分布は分布の形状を表す α と分布のばらつきの大さを規定する β の 2 つのパラメータによって定まる分布である。この α , β の値が決まればベイズの定理の考え方から地域の標準化死亡比のベイズ推定値を求めることができる。こ

のとき、その期待値 E 及び分散 V は、

$$\begin{aligned} E(\mu | d) &= \frac{d + \alpha}{\beta + 1} \\ V(\mu | d) &= \frac{d + \alpha}{(\beta + 1)^2} \end{aligned}$$

となる。従って、

標準化死亡比(ベイズ推定値)

$$= \frac{d + \alpha}{\beta + 1}$$

ただし、

d : 死亡数

e : 期待死亡数

α , β : 事前分布としてガンマ分布を選択し当該小市町村を含むより大きな地域(たとえば二次医療圏など)ごとの人口規模を重みとする 1 次及び 2 次のモーメントから求めたパラメータ(モーメント推定値)

このように死亡数に Poisson 分布、事前分布に Gamma 分布を仮定したベイズ推定のモデルは Poisson-Gamma モデルと呼ばれる。ここで μ の値は該当市区町村を含む地域から得られた死亡数、期待死亡数のデータから推定される。このように事前分布の中の未知のパラメータの値をデータに基づいて推定し最終的な推定を行う方法は経験的ベイズ推定法(Empirical Bayes method)といわれ、そのモデルは経験的ベイズモデルと呼ばれる。

3 標準化死亡比とそのベイズ推定値の比較

1) 人口規模との関係

死亡数は人口の多い地域では多くなるのは当然であり、死亡リスクを検討するにあたっては人口規模を規格化した人口 10 万人当たりの死亡率を用いる必要がある。特に自殺死亡のような発生頻度が少ない指標の場合、人口が少な

い地域における死亡率は偶然性の影響で信頼性が乏しくなる。このような場合にベイズ・モデルを適用することにより偶然性の影響を抑制し、地域間比較や経年変化が可能な安定性の高い指標の算出を行うことができる。

図2に2005年～2009年における愛知県の男の市町村別自殺死亡のベイズ推定値の標準化死亡比に対する比と人口規模との関連を示す。人口動態死亡データ⁴⁾に基づき基準死亡率は2007年全国死亡率、人口は「愛知県人口動向調査」による2007年10月1日現在の人口を用い標準化死亡比を算出した。さらに国立保健医療科学院のホームページで公開されているEmpirical Bayes estimator for Poisson-Gamma model⁵⁾を用い標準化死亡比の経験的ベイズ推定量(EBSMR)を算出した。ベイズ推定値の標準化死亡比に対する比は人口規模が小さいほどばらつきが大きく、ベイズ推定値と標準化死亡比の値が大きく異なることが確認できる。

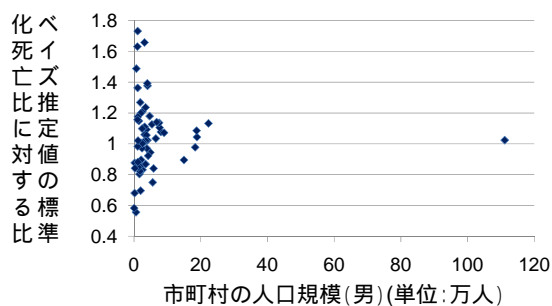


図2 人口規模とベイズ推定値の標準化死亡比に対する比の関係 愛知県・自殺死亡(男、2005-2009年)

2) 年次比較

愛知県衛生研究所では人口動態死亡データに基づき県内市町村別・性別・疾病別標準化死亡比を算出し、出力結果を電子ファイルとして県内12保健所に提供している。2001年以降の5年間ごとの死亡データから算出した標準化死亡比とそのベイズ推定値の経年変化を男の全死因及び自殺死亡について比較した(図3)。2007年時点における人口規模(男)に基づき比較的大きな市と小さな町村を3つずつ選択し、

経年変動を比較した。人口規模の小さな市町村では標準化死亡比は上下に大きく変動し、特に観察死亡数の少ない自殺死亡では変動は顕著に認められた。ベイズ推定値においては極端な変動がなくなり年次比較を可能としている。一方、人口規模の比較的大きな市においては両データのグラフは重なっており、ベイズ推定値は人口規模の小さな市町村での死亡状況等を評価する上で有用な方法といえる。

4 おわりに

ベイズ推定値は小地域の分析用法として有用であるが、いくつかの仮定を前提とする推定値であるため、個々の地域に特異な状況がある場合には適用に注意が必要である。さらに、ベイズ推定値は市町村において実測死亡数が0の場合であっても潜在的死亡状況を表章するため基本的には0にならないなどの留意点がある。また、ベイズモデルのより複雑なモデルとして、対数正規モデル、CARモデル(conditional autoregressive model: 条件付自己回帰モデル)、Mixtureモデルなどが提案されているが、それぞれの特性を理解した上で、各地域における保健・医療・福祉等の施策の推進や評価に活用していく必要がある。

5 参考文献

- 1) 水嶋春朔: 地域診断のすすめ方 根拠に基づく生活習慣病対策と評価、医学書院、2007.
- 2) 平子哲夫、佐伯則英、中田正. 人口動態市区町村別統計へのベイズ統計の応用について (1) 標準化死亡比への応用、厚生労働省 46(10): 3-11, 1999.
- 3) 丹後俊郎: 死亡指標の経験的ベイズ推定量について: 疾病地図への適用. 応用統計学 17: 81-96, 1988.
- 4) 自殺予防総合対策センター、自殺の統計、自殺対策のための自殺死亡の地域統計 (1973年～2009年) <http://iki.ru.ncnp.go.jp/iki-ru-hp/index.html>

5) 国立保健医療科学院技術評価部 (丹後俊郎、今井淳作成) DMS:Disease Mapping system
入手先 <http://www.niph.go.jp/soshiki/>

gijutsu/download/DMS/index_j.html

(2012年5月現在、Version 1.1.0)

(文責:企画情報部 広瀬かおる)

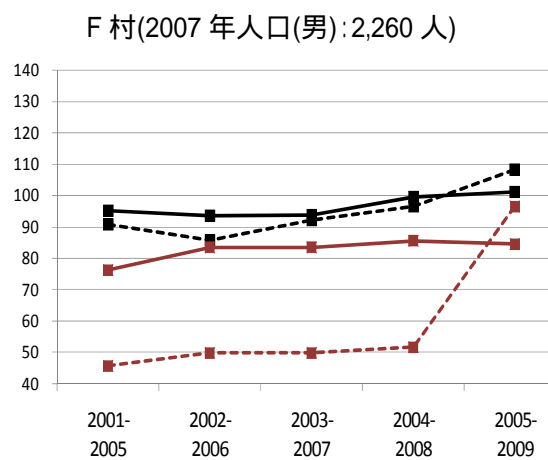
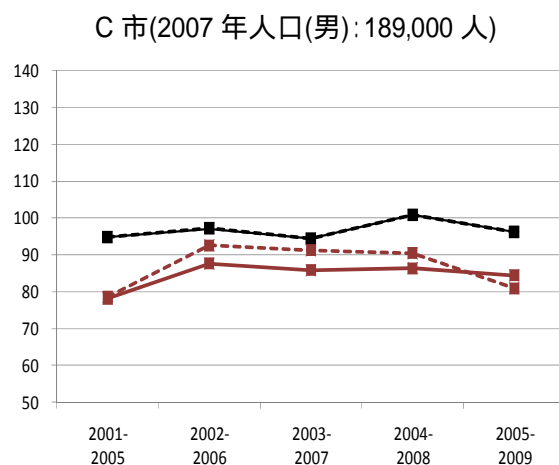
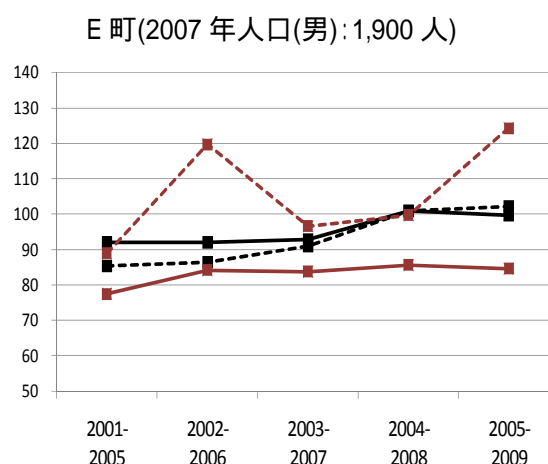
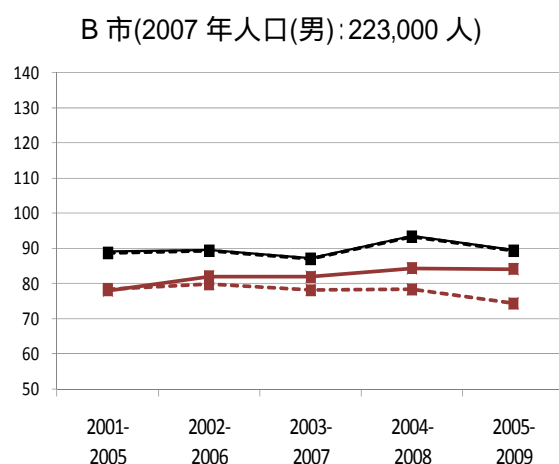
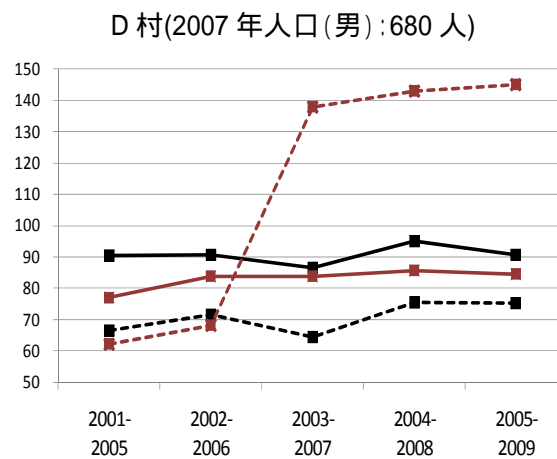
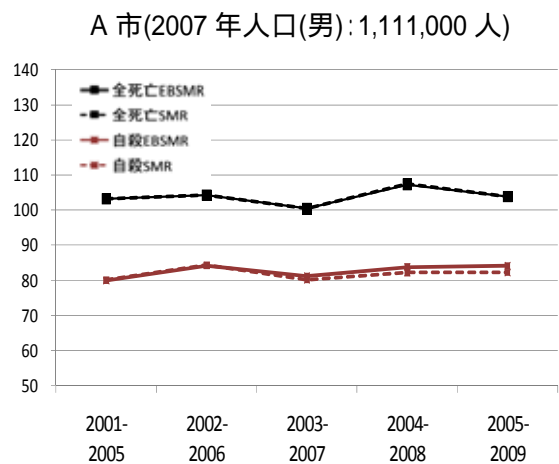


図3 愛知県の男の全死因と自殺死亡におけるベイズ推定値と標準化死亡比の比較
(2001年~2009年)

愛知衛研技術情報 第36巻第1号 平成24(2012)年 6 月 30 日

照会・連絡先 愛知県衛生研究所

〒462-8576 名古屋市北区辻町字流7番6号

愛知県衛生研究所のホームページ【<http://www.pref.aichi.jp/eiseiken>】

所 長 室 :	052-910-5604	生物学部長 :	052-910-5654
次 長 :	052-910-5683	ウイルス研究室 :	052-910-5674
研 究 監 :	052-910-5684	細菌研究室 :	052-910-5669
総 務 課 :	052-910-5618	医動物研究室 :	052-910-5654
企画情報部長 :	052-910-5619	衛生化学部長 :	052-910-5638
健康科学情報室 :	052-910-5619	医薬食品研究室	052-910-5639
		生活科学研究室	052-910-5643

代表 FAX : 052-913-3641
